

Определение тепловых потерь.

Определение удельных тепловых потерь и расчетных тепловых потерь через наружные ограждения здания.

Исходные данные:

1. Длина здания $L_{зд.}$, м;
2. Ширина здания $B_{зд.}$, м;
3. Высота здания $H_{зд.}$, м;
4. Коэффициент остекления (отношение поверхности окон к общей поверхности вертикальных наружных ограждений) $\varphi_{ост.}$
5. Коэффициенты теплопередачи:
Стен $k_{ст.}$, Вт/(м²·°C);
Окон $k_{ок.}$, Вт/(м²·°C);
Потолка $k_{пт.}$, Вт/(м²·°C);
Пола $k_{пл.}$, Вт/(м²·°C);
6. Коэффициенты снижения расчетной разности температур для:
Стен $\psi_{ст.} = 1.0$;
Окон $\psi_{ок.} = 1.0$;
Потолка $\psi_{пт.} = 0.8$;
Пола $\psi_{пл.} = 0.6$;
7. Расчетная температура внутреннего воздуха $t_{в.р.}$, °C
8. Расчетная для отопления температура наружного воздуха $t_{н.р.о.}$, °C
9. b - постоянная инфильтрации.

Определяется поверхность стен, окон, потолка и пола, м²:

При $\varphi_{ост.} = 0.2$

$$F_{ст.} = (L_{зд.} + B_{зд.}) \cdot 2 \cdot H_{зд.} \cdot (1 - \varphi_{ост.})$$

$$F_{ок.} = (L_{зд.} + B_{зд.}) \cdot 2 \cdot H_{зд.} \cdot \varphi_{ост.}$$

$$F_{пт.} = F_{пл.} = L_{зд.} \cdot B_{зд.}$$

Наружный объем здания, м³:

$$V_{зд.} = L_{зд.} \cdot B_{зд.} \cdot H_{зд.}$$

Удельные теплотери теплопередачей через наружные ограждения здания, Вт/(м³·°C), ккал/(м³·ч·°C):

При $k_{cm.} = 1.20$, Вт/(м²·°C), $k_{ок.} = 3.23$, Вт/(м²·°C), $k_{nm.} = 0.90$, Вт/(м²·°C), $k_{nl.} = 0.77$, Вт/(м²·°C)

$$q_o = \frac{\sum k \cdot F \cdot \psi}{V_{зд.}} = \frac{k_{cm.} \cdot F_{cm.} \cdot \psi_{cm.} + k_{ок.} \cdot F_{ок.} \cdot \psi_{ок.} + k_{nm.} \cdot F_{nm.} \cdot \psi_{nm.} + k_{nl.} \cdot F_{nl.} \cdot \psi_{nl.}}{V_{зд.}}$$

Расчетные теплопотери теплопередачей через наружные ограждения здания, МВт, Гкал/ч

$$Q_{т.р.} = q_o \cdot V_{зд.} \cdot (t_{в.р.} - t_{н.о.р.})$$

Определяется коэффициент инфильтрации

$$\mu = b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot L \cdot \left(1 - \frac{T_n}{T_в}\right) + K_{аэп.} \cdot (\omega \cdot \beta)^2}$$

где b - постоянная инфильтрации. При отсутствии опытных данных можно для ориентировочных расчетов принимать следующие значения:

Для отдельно стоящих промышленных зданий с большими световыми проемами $b = 0.035 - 0.040$ с/м.

Для жилых и общественных зданий с двойным остеклением при сплошной застройке квартала $b = 0.008 - 0.010$ с/м.

$g = 9.81$ - ускорение свободного падения тела, м/с²;

L - свободная высота здания (для жилых и общественных зданий высота этажа), м;

$T_в = 273 + t_{в.р.}$, $T_n = 273 + t_{н.о.р.}$ - температура внутреннего и наружного воздуха, К;

ω - скорость ветра, м/с;

$K_{аэп.} = 0.6$ - аэродинамический коэффициент;

β - поправочный коэффициент, учитывающий несовпадение во времени принятых в расчете скорости ветра и температуры наружного воздуха. Для европейской части России $\beta = 0.6$

Определяются расчетные потери тепла за счет инфильтрации

$$Q_{инф.} = \mu \cdot Q_{т.р.}$$

Тепловая нагрузка на отопление

$$Q_o = (1 + \mu) \cdot q_o \cdot V_{зд.} \cdot (t_{в.р.} - t_{н.о.р.})$$

Годовой расход тепла на отопление

$$Q_o = (1 + \mu) \cdot q_o \cdot V_{зд.} \cdot (t_{в.р.} - t_{н.о.р.}) \cdot n_o$$

где n_o - продолжительность отопительного периода, сут.

Определение расчетной нагрузки на вентиляцию общественного здания

Исходные данные:

1. Длина здания $L_{зд.}$, м;
2. Ширина здания $B_{зд.}$, м;
3. Высота здания $H_{зд.}$, м;
4. Отношение вентилируемого объема к наружному объему здания $\frac{V_{в.}}{V_{зд.}}$
5. Расчетная температура наружного воздуха для вентиляции $t_{н.п.в.}$, °C
6. Расчетная для отопления температура наружного воздуха $t_{н.п.о.}$, °C
7. Расчетная температура внутреннего воздуха $t_{в.п.}$, °C
8. Число часов работы вентиляции в сутки $n_{сут.}$, ч;
9. Продолжительность отопительного периода n_o , сут;
10. Нормальная кратность обмена воздуха m , 1/ч.

Определяется удельная тепловая нагрузка на вентиляцию при кратности воздухообмена

$$m = \frac{1.2}{3600} \text{ 1/с}$$

$$q_{в.} = m \cdot c_{в.} \cdot \frac{V_{в.}}{V_{зд.}}$$

Определяется расчетная тепловая нагрузка на вентиляцию

$$Q = q_{в.} \cdot V_{зд.} \cdot (t_{в.п.} - t_{н.п.в.})$$

Если $t_{н.п.в.}$ отличается $t_{н.п.о.}$, то кратность воздухообмена при $t_{н.п.о.}$ составит

$$m' = m \cdot \frac{t_{в.п.} - t_{н.п.в.}}{t_{в.п.} - t_{н.п.о.}}$$

где m' - кратность воздухообмена при $t_{н.п.о.}$, 1/ч.

Определение нагрузки горячего водоснабжения

Исходные данные:

Обеспеченность жилой площадью $f_{ж.}$, м²/чел;

Средненедельный расход воды за сутки на одного человека a , кг/(сут·чел).

Температура холодной водопроводной воды для зимнего периода $t_{х.з.}$, $t_{х.з.} = 5.0$ °C.

Температура холодной водопроводной воды для летнего периода $t_{х.л.}$, $t_{х.л.} = 15.0$ °С.

Температура горячей воды $t_{гв.}$, $t_{гв.} = 60.0$ °С.

Коэффициент недельной неравномерности расхода теплоты χ_n , $\chi_n = 1.2$

Коэффициент суточной неравномерности расхода теплоты за сутки наибольшего водопотребления χ_c , $\chi_c = 1.83$

Коэффициент летнего снижения расхода воды на горячее водоснабжение за счет миграции жителей φ_l , $\varphi_l = 0.8$

Общее количество жилой площади в здании $F_{ж.}$, м².

Определяется число жителей здания, чел.

$$M = \frac{F_{ж.}}{f_{ж.}}$$

Определяются тепловые нагрузки для зимнего периода
Средненедельная

$$Q_{гв.}^{ср.н.} = \frac{a \cdot M \cdot c \cdot (t_{гв.} - t_{х.з.})}{n_c}$$

где c - теплоемкость воды, $c = 4190$ Дж/(кг·К), $c = 1.0$ ккал/(кг·°С)

n_c - расчетная длительность подачи теплоты на горячее водоснабжение, с/сут, ч/сут.

Средняя за сутки максимального водопотребления, Гкал/ч

$$Q_{гв.}^{ср.с.} = \chi_n \cdot Q_{гв.}^{ср.н.}$$

Максимальная

$$Q_{гв.}^{max.} = \chi_n \cdot \chi_c \cdot Q_{гв.}^{ср.н.}$$

Определяются тепловые нагрузки для летнего периода
Средненедельная

$$Q_{гв.л.}^{ср.н.} = \frac{\varphi_l \cdot a \cdot M \cdot c \cdot (t_{гв.} - t_{х.з.})}{n_c}$$

Средняя за сутки максимального водопотребления, Гкал/ч

$$Q_{гв.л.}^{ср.с.} = \chi_n \cdot Q_{гв.л.}^{ср.н.}$$

Максимальная

$$Q_{\text{зв.л.}}^{\text{max.}} = \chi_n \cdot \chi_c \cdot Q_{\text{зв.л.}}^{\text{ср.н.}}$$

Нормы расхода горячей воды

Таблица 1

Потребитель	Норма расхода горячей воды		
	Среднене- дельного, л/сут	В сутки наиболь- шего во- допотреб- ления, л/сут	Макси- мального, л/ч
Жилые дома квартирного типа, оборудованные:			
Умывальниками, мойками и душами, один житель	85	100	7.9
Сидячими ваннами и душами, один житель	90	110	9.2
Ваннами длиной от 1500 до 1700 мм и душами, один житель	105	120	10.0
Жилые дома квартирного типа при высоте зданий бо- лее 12 этажей и повышенном благоустройстве, один житель	115	130	10.9
Общежитие с общими душевыми, один житель	60	60	6.3
Общежитие с общими душевыми, столовыми и пра- чечными, один житель	80	80	6.5
Гостиницы, мотели, пансионаты с общими ваннами и душами, один житель	70	70	8.2
Гостиницы с ваннами в отдельных номерах:			
До 25 % общего числа номеров, один житель	100	100	10.4
До 75 % общего числа номеров, один житель	160	160	15.3
Во всех номерах, один житель	200	200	16.0
Больницы санатории общего типа (с общими ваннами и душевыми), одна койка	180	180	100.5
Санатории, дома отдыха с ваннами при всех жилых комнатах, одна койка	200	200	13
Поликлиники и амбулатории, один больной	6	6	0.8
Прачечные:			
Немеханизированные	15	15	15
Механизированные, 1 кг сухого белья	25	25	25
Учебные заведения, общеобразовательные школы с душевыми при гимнастических залах, один учащийся и один преподаватель в смену	6	8	1.2
Школы-интернаты, одно место	100	100	7.5
Детские ясли-сады:			
С дневным пребыванием детей, один ребенок	30	30	4.5
С круглосуточным пребыванием детей, один ребенок	35	35	4.5
Продовольственные магазины, одно рабочее место	100	100	9.6
Парикмахерские, одно рабочее место	70	70	4.7

Утечки теплоносителя при аварии на трубопроводе.

Исходные данные:

ϖ - площадь сечения отверстия, м².

d - диаметр отверстия.

H - напор теплоносителя в трубопроводе, м;

$P_{изб.}$ - избыточное давление;

$\rho_{в.}$ - плотность теплоносителя.

1. Определение массы теплоносителя (расхода теплоносителя) теряемого в секунду через образовавшееся при аварии отверстие сечением см² в стенке трубопровода.

Известно избыточное давление (напор) в трубопроводе $P_{изб.}$, температура теплоносителя, плотность теплоносителя при заданной температуре, и коэффициент расхода отверстия.

Расход вытекающей из отверстия воды:

$$G_{в.} = \mu \cdot \varpi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad , \text{ м}^3/\text{с}$$

$$G_{в.} = \mu \cdot \varpi \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_{изб.}}{\gamma_{в.}}} = \mu \cdot \varpi \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (p - p_{атм.})}{\gamma_{в.}}} \quad \text{кг/с}$$

$$P_{изб.} = p - p_{атм.}, \quad 0$$

где H - напор теплоносителя в трубопроводе, м;

p - абсолютное давление в трубопроводе;

$p_{атм.}$ - атмосферное давление;

$P_{изб.}$ - избыточное давление;

$\rho_{в.}$ - плотность теплоносителя.

Скорость вытекания теплоносителя из отверстия определяется по формуле:

$$g_{в.} = \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} = \mu \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_{изб.}}{\gamma_{в.}}} = \mu \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (p - p_{атм.})}{\gamma_{в.}}}$$

Удельная плотность и удельный вес

$$\gamma_{в.} = g \cdot \rho_{в.}$$

Напор в трубопроводе

$$H = \frac{P - P_{атм.}}{g \cdot \rho_{в.}}$$

Решение

Определяется число Рейнольдса, характеризующее истечение жидкости

$$Re_{в.} = \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot H \cdot d}}{\nu_{в.}}$$

$\nu_{в.}$ - кинематическая вязкость воды $\nu_{в.} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$

d - диаметр отверстия.

$$\mu = \varphi \cdot \varepsilon$$

- коэффициент скорости, учитывающий потери напора, обусловленные протеканием жидкости через отверстие, и характеризующие коэффициентом местного сопротивления отверстия $\xi_{отв.}$.

ε - коэффициент сжатия струи.

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_{отв.}}}$$

$\xi_{отв.}$ - коэффициент местного сопротивления отверстия.

$$\varepsilon = \frac{\overline{\omega}_{сж.}}{\overline{\omega}}$$

$\overline{\omega}_{сж.}$ - площадь поперечного сечения сжатой струи, м^2 ;

$\overline{\omega}$ - площадь сечения отверстия, м^2 .

При истечении с большими числами Рейнольдса, что характерно для большинства случаев истечения воды, можно принимать следующие значения коэффициентов истечения:

$$\varepsilon = 0.62 - 0.63.$$

$$\varphi = 0.97 - 0.98;$$

$$\xi_{отв.} = 0.06;$$

$$\mu = 0.61.$$

Определение времени опорожнения трубопровода.

Исходные данные:

$d_{\text{вн.}}$ - внутренний диаметр трубопровода, м;

$d_{\text{сп.}}$ - внутренний диаметр спускника, м;

i - уклон трубопровода к спускному устройству;

l - длина трубопровода;

μ - коэффициент расхода спускника.

Площадь живого сечения спускника:

$$f_{\text{сп.}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{сп.}}^2}{4}$$

Площадь живого горизонтального сечения наклонного трубопровода:

$$F = \frac{\pi \cdot d_{\text{вн.}}^2}{4 \cdot i}$$

i - уклон трубопровода к спускному устройству, $i = 0.01$

При расчете принимается, диаметр воздушника в верхней точке трубопровода достаточно большой, поэтому давление воздуха над уровнем воды в трубопроводе можно с допустимой точностью считать равным атмосферному. Тогда за бесконечно малый отрезок времени dz при высоте уровня над спускником y вытекающий через него бесконечно малый объем воды будет равен бесконечно малому освободившемуся от воды объему трубопровода, т.е.:

$$\mu \cdot f_{\text{сп.}} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot y} \cdot dz = -F \cdot dy$$

Из этого уравнения находим dz

$$dz = -\frac{F \cdot dy}{\mu \cdot f_{\text{сп.}} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot y}}$$

Интегрируя в пределах от $y = h$ до $y = 0$, получаем

$$z = -\frac{2 \cdot F \cdot \sqrt{h}}{\mu \cdot f_{\text{сп.}} \cdot \sqrt{2 \cdot g}} = 0.452 \cdot \left(\frac{d_{\text{вн.}}}{d_{\text{сп.}}} \right)^2 \cdot \sqrt{\frac{l}{i}}$$

где $\mu = 0.6$ - коэффициент расхода спускника;

z - время опорожнения трубопровода, с.

Определение времени начала образования льда в трубопроводе после прекращения циркуляции.

Исходные данные:

Прокладка трубопровода воздушная, без изоляции.

d_n - наружный диаметр трубопровода, м;

δ - толщина стенки трубы, м;

t_n - температура наружного воздуха, °C;

τ_n - начальная температура теплоносителя в трубопроводе, °C;

τ_k - конечная температура теплоносителя в трубопроводе, $\tau_k = 0$, °C;

α_g - коэффициент теплоотдачи на внутренней стенке трубопровода, Вт/(м²·°C). Для стального трубопровода $\alpha_g = 200$ Вт/(м²·°C);

α_n -- коэффициент теплоотдачи на наружной стенке трубопровода, Вт/(м²·°C) Для стального неизолированного трубопровода $\alpha_n = 20$ Вт/(м²·°C).

Коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности теплопровода к окружающему воздуху является суммой двух слагаемых – коэффициента теплоотдачи излучением α_l и коэффициента теплоотдачи конвекцией α_k :

$$\alpha_n = \alpha_l + \alpha_k$$

Коэффициент теплоотдачи излучением может быть определен по формуле Стефана-Больцмана

$$\alpha_l = C \cdot \frac{\left(\frac{t_{нов.} + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{t_o + 273}{100}\right)^4}{t_{нов.} - t_o}$$

где C - коэффициент излучения, Вт/(м²·K⁴).

Коэффициент излучения абсолютно черного тела, т.е. поверхности, которая поглощает все падающие на нее лучи и ничего не отражает, $C_{ч.} = 5.7$ Вт/(м²·K⁴), $C_{ч.} = 4.9$ ккал/(ч·м²·K⁴).

Коэффициент излучения «серых» тел, к которым относятся поверхности голых трубопроводов, изоляционных конструкций и т.п., имеет значение $C_c = 4.5 - 5.0$ Вт/(м²·K⁴), $C_c = 3.8 - 4.3$ ккал/(ч·м²·K⁴).

$t_{нов.}$ - температура излучающей поверхности, °C;

t_o - температура окружающей среды, °C.

Коэффициент теплоотдачи от горизонтальной трубы к воздуху при естественной конвекции можно определить по формуле Нуссельта

$$\alpha_{\kappa} = 1.16 \cdot \sqrt[4]{\frac{t_{нов.} - t_o}{d_n}}$$

При вынужденной конвекции или ветре

$$\alpha_{\kappa} = 4.65 \cdot \frac{\omega^{0.7}}{d_n^{0.3}}$$

где ω - скорость воздуха, м/с;

d_n - наружный диаметр трубопровода, м.

Данная формула действительна при $\omega > 1$ м/с и $d_n > 0.3$ м

Для определения коэффициента теплоотдачи α_{κ} необходимо знать температуру поверхности. При определении времени начала образования льда в изолированном трубопроводе после прекращения циркуляции термическое сопротивление поверхности изоляции сравнительно невелико по сравнению с термическим сопротивлением изоляции.

Приближенное значение температуры на поверхности изоляции можно определить по выражению

$$t_{нов.} = \frac{\frac{\tau}{R_{из.}} + \frac{t_o}{R_n.}}{\frac{1}{R_{из.}} + \frac{1}{R_n.}}$$

Удельные тепловые потери изолированного трубопровода

$$q_{из.} = \frac{\tau - t_o}{R_{пол.}}$$

Тепловые потери изолированного трубопровода

$$Q_{из.} = q_{из.} \cdot l_{из.} \cdot (1 + \beta)$$

Тепловые потери голого трубопровода

$$Q_{г.} = q_{г.} \cdot l_{г.} \cdot$$

Коэффициент эффективности изоляции

$$\eta = \frac{Q_{г.} - Q_{из.}}{Q_{г.}}$$

$\lambda_{mp.} = 58$ - термическое сопротивление трубопровода при теплопроводности стали, Вт/(м·°C);

Полное термическое сопротивление изолированного трубопровода определяется по формуле:

$$R_{пол.} = R_{в.} + R_{mp.} + R_{из.} + R_{н.}$$

где $R_{в.}$ - термическое сопротивление внутренней поверхности трубопровода, (м·°C)/Вт;

$R_{mp.}$ - термическое сопротивление стенки трубы, (м·°C)/Вт;

$R_{из.}$ - термическое сопротивление слоя изоляции, (м·°C)/Вт;

$R_{н.}$ - термическое сопротивление наружной поверхности изоляции, (м·°C)/Вт;

$$R_{в.} = \frac{1}{\pi \cdot d_{в.} \cdot \alpha_{в.}}$$

$$R_{н.} = \frac{1}{\pi \cdot d_{н.} \cdot \alpha_{н.}}$$

Термическое сопротивление изоляционного слоя [(м·°C)/Вт]:

$$R_{из.} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{из.}} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}$$

где $\lambda_{из.}$ - коэффициент теплопроводности слоя;

d_1, d_2 - внутренний и наружный диаметр слоя.

Полное термическое сопротивление трубопровода с изоляцией [(м·°C)/Вт] определяется по формуле:

$$R_{mp.} = \frac{1}{\pi \cdot d_{в.} \cdot \alpha_{в.}} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{тр.}} \cdot \ln \frac{d_{н.}}{d_{в.}} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{из.}} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\pi \cdot d_{н.} \cdot \alpha_{н.}}$$

Термическое сопротивление не изолированного трубопровода [(м·°C)/Вт] определяется по следующей зависимости:

$$R_{mp.} = \frac{1}{\pi \cdot d_{в.} \cdot \alpha_{в.}} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{тр.}} \cdot \ln \frac{d_{н.}}{d_{в.}} + \frac{1}{\pi \cdot d_{н.} \cdot \alpha_{н.}}$$

Масса воды (кг/м) в трубопроводе длиной 1 метр ($l = 1.0$):

$$G_{mp.} = \frac{\pi \cdot d_{в.}^2 \cdot l \cdot \rho_{в.}}{4}$$

Время начала образования льда

$$z = R_{mp.} \cdot G_{mp.} \cdot c \cdot \ln \frac{\tau_{н.} - t_{н.}}{\tau_{к.} - t_{н.}}$$

где $c = 4187$ Дж/(кг·°C) теплоемкость воды;

τ_n, τ_k - соответственно начальная и конечная температура воды в трубопроводе, °C.

z - время начала образования льда, с.

Прокладка трубопровода воздушная, с изоляции.

Определение испытательного давления для отбраковки корродированного трубопровода.

Исходные данные:

Внутренний диаметр трубопровода $d_{вн.}$, м.

Рабочее давление P_p , Мпа.

Стенка трубопровода, подлежащая разрушению δ_k , м.

Временное сопротивление разрыву материала трубы $\sigma_v = 380$, Мпа.

Испытательное давление (МПа) при котором произойдет разрушение трубопровода с толщиной стенки δ_k .

$$P_{исп.} = P_p + \frac{2 \cdot \delta_k \cdot \sigma_v}{d_{вн.}}$$

Определение времени остывания здания

Использование аккумулирующей способности зданий для регулирования отпуска теплоты допускается только в пределах, при которых внутри отапливаемых зданий соблюдаются комфортные условия, т.е. температура должна находиться на уровне 17 – 20 °C [1].

Ожидаемая внутренняя температура в отапливаемых зданиях, °C, при использовании их аккумулирующей способности, т.е. при режимах, когда подвод теплоты не равен тепловым потерям, может быть определена по приближенной формуле [].

$$t_{в.} = t_{н.} + \frac{Q_o}{q_o \cdot V} + \frac{t'_{в.} - t_{н.} + \frac{Q_o}{q_o \cdot V}}{e^{\frac{z}{\beta}}}$$

где $t_{в.}$ - внутренняя температура, которая устанавливается в помещении через z , ч после нарушения нормального теплового режима, °C;

$t'_{в.}$ - внутренняя температура, которая была в помещении в момент нарушения теплового режима, °C;

$t_{н.}$ - средняя температура наружного воздуха за период нарушения т.е. за z , ч;

Q_o - подача теплоты в помещение, Гкал/ч;

V - объем здания по наружному обмеру, м³;

q_o - удельные теплотери здания ккал/(м³·ч·°C);

e - основание натуральных логарифмов ($e = 2.718$);

β - коэффициент аккумуляции здания, ч.

При полном прекращении отопления и отсутствии внутренних тепловыделений

$$t_{\text{в.}} = t_{\text{н.}} + \frac{t'_{\text{в.}} - t_{\text{н.}}}{e^{\frac{z}{\beta}}}$$

Коэффициент аккумуляции характеризует аккумулирующую способность зданий. Он может быть определен на основе результатов испытания по формуле

$$\beta = \frac{z}{\ln \frac{t'_{\text{в.}} - t_{\text{н.}} - \frac{Q_{\text{о.}}}{q_{\text{о.}} \cdot V}}{t_{\text{в.}} - t_{\text{н.}} - \frac{Q_{\text{о.}}}{q_{\text{о.}} \cdot V}}}$$

Время остывания здания с учетом теплоаккумулирующей способности определяется по формуле

$$z = \beta \cdot \ln \frac{t'_{\text{в.}} - t_{\text{н.}} - \frac{Q_{\text{о.}}}{q_{\text{о.}} \cdot V}}{t_{\text{в.}} - t_{\text{н.}} - \frac{Q_{\text{о.}}}{q_{\text{о.}} \cdot V}}$$

При расчете по приведенным формулам обычно принимают следующие значения коэффициента теплоаккумуляции β [ч]: для наименее теплоемких зданий массового строительства – 30 ч, для других зданий – 60 ч.

Если температура в лестничных клетках и технических подпольях понижается до 5°C (при сохранении условий ее дальнейшего понижения), необходим оперативный дренаж воды из систем отопления.

Наполнение тепловых сетей и систем теплоснабжения.

Наполнение систем теплоснабжения производится подпиточной водой. Число наполнений определяется графиком работ по ремонту и испытаниям тепловых сетей. Заполнение проводят также и при замене воды перед началом отопительного сезона.

Объем воды для наполнения трубопроводов тепловой сети определяют в зависимости от площади сечения и протяженности по формуле:

$$V_{m.c.} = \frac{\pi}{4} \cdot \sum_{i=1}^n D_{y.i}^2 \cdot L_i, \text{ м}^3. \quad ()$$

где $D_{y.i}$ - условный диаметр (внутренний диаметр) трубопровода i -го участка, м;

L_i - длина i -го участка тепловой сети с трубопроводами данного диаметра, в двухтрубном исчислении, м;

$\pi = 3,14$;

n – количество участков тепловой сети.

Объем воды для наполнения систем отопления присоединенных потребителей определяется по показаниям водомеров, а при их отсутствии по формуле:

$$V_{cuc.om.} = \sum_{i=1}^n V_{y\partial.o.i} \cdot \overline{Q}_{o.p.i}, \text{ м}^3; \quad ()$$

где $V_{y\partial.o.i}$ - удельный объем воды $\text{м}^3/\text{МВт}$ [$\text{м}^3/[\text{Гкал/ч}]$], определяемый в зависимости от характеристики системы и расчетного графика температур;

$\overline{Q}_{o.p.i}$ - расчетная тепловая нагрузка системы отопления, МВт [Гкал/ч];

n – количество систем теплоснабжения.

При отсутствии данных о типе нагревательных приборов допускается принимать ориентировочно удельный объем воды на наполнение местных систем отопления зданий в размере $25,9 \text{ м}^3/\text{МВт}$ [$30 \text{ м}^3/[\text{Гкал/ч}]$] суммарного расчетного часового расхода тепла на отопление и вентиляцию.

Объем воды для наполнения местных систем горячего водоснабжения при открытой системе теплоснабжения определяется по формуле:

$$V_{cuc.gv.} = \sum_{i=1}^n V_{y\partial.gv.i} \cdot \overline{Q}_{gv.cp.i}, \text{ м}^3; \quad ()$$

где $V_{y\partial.gv.i}$ - удельный объем воды в местных системах горячего водоснабжения, определяемый из расчета $5,2 \text{ м}^3/\text{МВт}$ [$6 \text{ м}^3/[\text{Гкал/ч}]$] среднечасовой расчетной нагрузки горячего водоснабжения;

$\overline{Q}_{gv.cp.i}$ - среднечасовая расчетная нагрузка горячего водоснабжения, МВт [Гкал/ч];

n – количество систем горячего водоснабжения.

7.1.8.2. Промывка тепловых сетей и систем теплоснабжения.

Водяные тепловые сети промываются водой (гидравлическая промывка) или водовоздушной смесью (гидропневматическая промывка).

Промывку вновь построенных тепловых сетей осуществляют в две стадии: черновую и чистовую. Черновая и чистовая промывка осуществляется водопроводной водой. При черновой промывке трубопроводы наполняют водой под давлением 0,3-0,4 МПа [3-4 кгс/см²], а затем вода сбрасывается через дренажные устройства в конце промываемого участка. Чистовая промывка осуществляется до полного осветления промывочной воды. В последующем промывка осуществляется сетевой водой от источника тепловой энергии до тех пор, пока анализ не покажет необходимое качество этой воды. Для открытых систем теплоснабжения качество сетевой воды должно соответствовать воде питьевой.

При плановых ежегодных промывках систем теплоснабжения, а также при промывках систем и тепловых сетей, вводимых в эксплуатацию после капитального ремонта или нового строительства расход теплоносителя при отсутствии узла учета, определяют расчетом.

Определение расхода промывочной воды можно осуществлять двумя способами: по пропускной способности трубопровода, по перепаду давления на дроссельной шайбе.

Определение количества промывочной воды по пропускной способности трубопровода производят в следующем порядке:

1. Определяется сумма коэффициентов местных сопротивлений на данном участке трубопровода ($\sum \xi$), см. таблицу 1.

таблица 1

Местное сопротивление	Коэффициент местного сопротивления	Местное сопротивление	Коэффициент местного сопротивления
Задвижка	0,5	Отводы сварные одношовные под углом 30°	0,2
Вентиль с косым шпинделем	0,5	углом 45°	0,3
Вентиль с вертикальным шпинделем	6,0	углом 60°	0,7
Обратный клапан нормальный	7,0	Отводы сварные двухшовные под углом 90°	0,6
Компенсатор сальниковый	0,3	То же, трехшовные	0,5
Отводы гнутые под углом 90° со складками R=3d	0,8	Внезапное расширение	1,0
со складками R=4d	0,5	Внезапное сужение	0,5
гладкие R=1d	1,0	Грязевик	10
гладкие R=3d	0,5		
гладкие R=4d	0,4		

2. Рассчитывается эквивалентная длина местных сопротивлений ($L_{эkv.}$):

$$L_{эkv.} = \sum \xi \cdot \frac{D_{вн.}}{\lambda}, \text{ м}; \quad ()$$

где $D_{вн.}$ - внутренний диаметр трубопровода, м;

λ - коэффициент гидравлического сопротивления трения (величина безразмерная), рассчитывается по формуле Прандтля-Никурадзе (Справочник проектировщика "Проектирование тепловых сетей" под ред. А.А. Николаева):

$$\lambda = \frac{1}{(1,14 + 2 \cdot \lg \frac{D_{вн.}}{K_{эkv.}})^2}, \quad ()$$

где $K_{эkv.}$ - коэффициент эквивалентной шероховатости трубопровода, для новых трубопроводов $K_{эkv.} = 0,0005$ м.

3. Определяется приведенная длина трубопровода ($L_{пр.}$):

$$L_{пр.} = L + L_{экв.}, \text{ м}; \quad ()$$

где L - длина участка трубопровода по плану, м.

4. Определяется пропускная способность участка трубопровода:

$$\overline{G}_{уч.} = 12511 \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{D_{вн.}^5 \cdot \Delta P}{L_{пр.} \cdot \lambda \cdot \rho}}, \text{ т/ч}; \quad ()$$

где ρ - плотность теплоносителя, кг/м³;

ΔP - потери давления на данном участке трубопровода, кгс/м², определяются по показаниям манометров установленных в начале и в конце участка, с учетом поправки на разницу по высоте установки,

5. Количество воды потребное для гидравлической промывки определяется по формуле:

$$V_{пром.} = \overline{G}_{уч.} \cdot T_{пром.}, \text{ т}; \quad ()$$

где $T_{пром.}$ - продолжительность гидравлической промывки, ч.

Определение расхода промывочной воды по перепаду напора на дроссельной шайбе.

При измерении перепада напора на дроссельной шайбе часовой расход теплоносителя на промывку определяют по формуле:

$$\overline{G}_{пром.} = 0.01 \cdot d_{ш.}^2 \cdot \sqrt{\Delta H}, \text{ т/ч}; \quad ()$$

где $d_{ш.}$ - диаметр отверстия дроссельной шайбы, мм;

ΔH - перепад напора на дроссельной шайбе, м.вод.ст.

Количество воды потребное для гидравлической промывки определяется по формуле:

$$V_{пром.} = \overline{G}_{пром.} \cdot T_{пром.}, \text{ т}; \quad ()$$

где $T_{пром.}$ - продолжительность гидравлической промывки, ч.

При **гидропневматическом способе** промывки расход теплоносителя значительно снижается в зависимости от давления воздуха, что необходимо учитывать при определении количества теплоносителя пошедшего на промывку. При соблюдении инструкции по пневмогидравлической промывке часовой расход теплоносителя т/ч можно определить по таблице 3:

таблица 3

Диаметр сбросного тр-да, мм.	Расход теплоносителя т/ч при перепаде напора в сбросном трубопроводе ΔH в м.вод.ст.											
	2	4	6	8	10	12	15	20	25	30	35	40
32	8,4	9,1	11,1	12,8	14,3	15,7	17,6	20,3	22,7	24,9	26,9	28,8
40	9,4	13,3	16,3	18,8	21,1	23,2	25,3	29,9	33,4	36,6	39,5	42,2
50	14,7	20,8	25,5	28,4	32,9	36,1	40,2	46,5	52,0	57,0	61,5	65,7
70	20,1	39,6	48,7	56,1	62,8	68,7	76,9	87,6	97,9	107,2	115,8	123,8
80	39,7	56,1	68,7	79,2	88,6	97,1	109,0	125,0	139,7	153,1	165,4	176,8
100	58,9	83,3	102,0	118,0	132,0	144,0	161,0	186,0				

При перепадах напора в сбросном трубопроводе (ΔH_2) отличающихся от приведенных в таблице, значение часового расхода (G_2) определяется по формуле:

$$\overline{G}_{\text{пром.2}} = \overline{G}_{\text{пром.1}} \cdot \sqrt{\frac{\Delta H_2}{\Delta H_1}}, \text{ т/ч; (74)}$$

где $\overline{G}_{\text{пром.1}}$ - расхода теплоносителя при значении напора по таблице, ближайшем измеренному, т/ч,

ΔH_1 – табличное значение перепада напора, м.вод.ст.

Количество воды потребное для гидропневматической промывки определяется по формуле:

$$V_{\text{пром.}} = \overline{G}_{\text{пром.}} \cdot T_{\text{пром.}}, \text{ т; ()}$$

где $T_{\text{пром.}}$ - продолжительность гидропневматической промывки, ч.

7.1.8.3. Определение расхода теплоносителя на производительную утечку при дефектах на тепловых сетях.

Для определения расхода теплоносителя на производительную утечку при дефекте измеряется площадь отверстия образовавшегося при разрыве трубопровода (F), мм, и вычисляется ее условный диаметр ($d_{y.}$) по формуле:

$$d_{y.} = 1.13 \cdot \sqrt{F}, \text{ мм; ()}$$

Часовой расход теплоносителя на утечку из дефектного отверстия определяют по формуле:

$$\Delta \overline{G}_{\text{ут.деф.}} = 0.01 \cdot d_{y.}^2 \cdot \sqrt{\Delta H}, \text{ т/ч; ()}$$

Часовой расход теплоносителя ($\Delta \overline{G}_{\text{ут.деф.}}$) через измеренный диаметр дроссельной шайбы или рассчитанный диаметр дефектного отверстия можно определить по ниже приведенной таблице 4:

Количество воды потерянное с утечкой при дефектах определяется по формуле:

$$V_{\text{ут.деф.}} = \Delta \overline{G}_{\text{ут.деф.}} \cdot T_{\text{ут.деф.}}, \text{ т; ()}$$

где $T_{\text{ут.деф.}}$ - продолжительность утечки при дефекте с расходом $\Delta \overline{G}_{\text{ут.деф.}}$, ч.

Список литературы

1. Ионин А.А., Хлыбов Б.М. Братенков В.Н. Теплоснабжение М.: Стройиздат, 1982 г.